

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
21. Oktober 2004 (21.10.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/089747 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B64C 27/33**,  
27/48, 27/54

[DE/DE]; Aufkirchner Str. 10A, 82216 Maisach (DE).  
**PFALLER, Rupert** [DE/DE]; Waldparkstrasse 39c,  
85521 Riemerling (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2004/003642

(22) Internationales Anmeldedatum:  
6. April 2004 (06.04.2004)

(74) Anwalt: **DUSCHEK, Horst**; EADS Deutschland GmbH,  
Patentabteilung, 81663 München (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
103 16 093.0 8. April 2003 (08.04.2003) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): **EUROCOPTER DEUTSCHLAND GMBH**  
[DE/DE]; Industriestr. 4, 86609 Donauwörth (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,  
ZW.

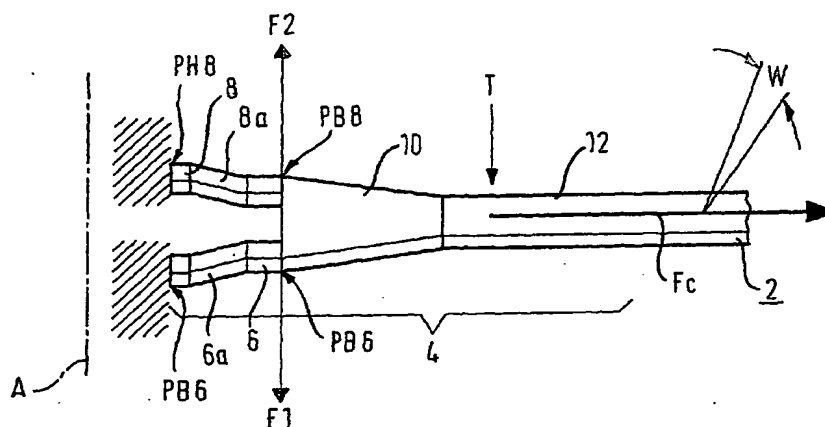
(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **BECKER, Gerold**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ROTOR, ROTORCRAFT COMPRISING A ROTOR OF THIS TYPE AND METHOD FOR ADJUSTING THE BLADE  
ANGLE OF A ROTOR

(54) Bezeichnung: ROTOR, DREHFLÜGELFLUGZEUG MIT EINEM SOLCHEN ROTOR, UND VERFAHREN ZUR BLATT-  
WINKELVERSTELLUNG EINES ROTORS



(57) Abstract: The invention relates to a rotor, in particular for a rotorcraft, comprising: a rotor head, at least one rotor blade (2) and a rotor-blade connection (4; 6, 8) on the rotor head side with an integral blade angle adjustment device (6, 8), which is devoid of bearings and whose centrifugal force is controlled. The invention also relates to a rotorcraft, in particular a helicopter and more specifically a tilt-rotor helicopter, comprising at least one rotor of this type. The invention further relates to a method for adjusting the blade angle of a rotor blade (2) of a rotor, in particular a rotor devoid of bearings with a rotor head and a rotor-blade connection on the rotor head side. Said method comprises the following steps: rotation of the rotor blade (2); and automatic adjustment of the blade angle (W) by rotating the rotor-blade connection (4; 6, 8) on the rotor head side, which in turn rotates the rotor blade (2) about its longitudinal axis by means of the centrifugal forces (Fc) acting on said rotor blade (2).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- mit geänderten Ansprüchen und Erklärung

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) **Zusammenfassung:** Rotor, insbesondere für ein Drehflügelflugzeug, umfassend: einen Rotorkopf, mindestens ein Rotorblatt (2) und einen rotorkopfseitigen Rotorblattanschluss (4; 6, 8) mit einer integralen, lagerlosen, fliehkraftgesteuerten Blattwinkelverstelleinrichtung (6, 8). Drehflügelflugzeug, insbesondere ein Hubschrauber, insbesondere ein Kipprotorhubschrauber, umfassend mindestens einen solchen Rotor. Verfahren zur Blattwinkelverstellung eines Rotorblattes (2) eines Rotors, insbesondere eine lagerlosen Rotors, der einen Rotorkopf und einen rotorkopfseitigen Rotorblattanschluss besitzt, umfassend folgende Schritte: Rotieren des Rotorblattes (2); und automatisches Verstellen des Blattwinkels (W) durch Verdrehen des rotorkopfseitigen Rotorblattanschlusses (4; 6, 8) und damit des Rotorblattes (2) um seine Längsachse mittels auf das Rotorblatt (2) wirkender Fliehkräfte (Fc).

JC05 Rec'd PCT/PTO 11 OCT 2005  
1

**Rotor,  
Drehflügelflugzeug mit einem solchen Rotor, und  
Verfahren zur Blattwinkelverstellung eines Rotors**

5

**TECHNISCHES GEBIET**

Die Erfindung betrifft einen Rotor sowie ein Drehflügelflugzeug mit einem solchen Rotor. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Blattwinkelverstellung eines Rotorblattes eines derartigen Rotors.

10

**STAND DER TECHNIK**

Bei vorbekannten Rotoren, die einen Rotorkopf, mindestens ein Rotorblatt und einen rotorkopfseitigen Rotorblattanschluss aufweisen, erfolgt die Verstellung des Blattwinkels des Rotorblattes über ein diskretes Lager oder über ein :  
torsionsweiches Element mit Hilfe eines recht aufwendigen, schweren Verstellmechanismus, der i.d.R. mindestens einen Blattverstellhebel, Gestänge, eine Taumelscheibe und mindestens einen Aktuator zur Betätigung des Mechanismus besitzt. Das genannte torsionsweiche Element wird üblicherweise bei sog. lagerlosen Rotor in Verbindung mit einer sog. Steuertüte verwendet. Das torsionsweiche Element erstreckt sich innerhalb der Steuertüte, die zur Einleitung eines für die Blattwinkelverstellung erforderlichen Drehmomentes an einem distalen, d.h. zu einer Rotorblattspitze weisenden Endbereich des torsionsweichen Elements drehfest mit diesem verbunden ist. Für eine ausreichende Torsionsweichheit und zur Erreichung eines genügend großen Blattverstellwinkels müssen das torsionsweiche Element und die Steuertüte relativ lang ausgebildet sein. Diese Bauteile nehmen daher einen recht hohen prozentualen Anteil der Rotorblattlänge ein, die dann nicht mehr für ein aerodynamisch wirksames Profil des Rotorblattes zur Verfügung steht. Konventionelle lagerlose Rotoren sind zudem schwenkweich ausgebildet, was für bestimmte Rotortypen, wie z.B.

15

20

25

30

Kipprotoren (Tiltrotoren), die in Kipprotorhubschraubern oder Kipprotorflugzeugen Anwendung finden, von Nachteil ist.

- Während bei konventionellen Hubschraubern im Betrieb die Drehzahl relativ
- 5 konstant gehalten und der Blattwinkel kollektiv oder zyklisch verstellt wird, kann es in bestimmten Anwendungsfällen, wie z.B. bei Kipprotorhubschraubern oder Kipprotorflugzeugen, erforderlich sein, den Blattwinkel bei Rotorblättern oder Propellern abhängig von der Drehzahl zu verstellen. Bei einem Kipprotor zum Beispiel wird die Drehzahl im sog. Flugzeugmodus abgesenkt und gleichzeitig der
- 10 Blattwinkel steiler eingestellt, während im sog. Hubschraubermodus die Drehzahl erhöht und der Blattwinkel flacher eingestellt wird. Die hierfür erforderlichen Verstellmechanismen sowie Steuer- und/oder Regeleinrichtungen sind jedoch sehr aufwendig und gewichtsintensiv und müssen aufgrund der erforderlichen Kopplung zwischen einem rotierenden und einem feststehenden Teil des
- 15 Verstellmechanismus zudem über die Schnittstelle einer Taumelscheibe erfolgen, was konstruktiv und steuerungstechnisch sehr komplex ist.

#### DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

- 20 Der Erfindung liegt die Aufgabe beziehungsweise das technische Problem zugrunde, einen Rotor, insbesondere für ein Drehflügelflugzeug, zu schaffen, der über verbesserte aerodynamische Eigenschaften bei einem möglichst geringen Rotorgewicht verfügt und der es auf einfache und effektive Art und Weise gestattet, eine Verstellung eines Rotorblattwinkels auch abhängig von der
- 25 Drehzahl vorzunehmen. Ferner soll ein geeignetes Verfahren zur Blattwinkelverstellung eines Rotorblattes bereit gestellt werden.

Diese Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt gelöst durch einen erfindungsgemäßen Rotor mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

30

Dieser Rotor, insbesondere für ein Drehflügelflugzeug, umfasst einen Rotorkopf, mindestens ein Rotorblatt und einen rotorkopf- bzw. rotormastseitigen

- Rotorblattanschluss mit einer integralen, lagerlosen, fliehkraftgesteuerten Blattwinkelverstelleinrichtung. Der Rotorblattanschluss kann hierbei integraler Bestandteil des Rotorblattes oder aber ein davon separates Teil sein, welches mit dem Rotorblatt beispielsweise über eine geeignete Trennstelle verbindbar ist. Der
- 5 Rotorblattanschluss kann darüber hinaus auch Teil eines Rotorkopfelementes, z.B. eines Rotorsterns oder einer Rotorkopfplatte, oder eines anderen, dem Rotorblatt und dem Rotorkopf bzw. einem Rotormast zwischengeschalteten Elements sein.
- 10 Aufgrund der integralen Bauweise der lagerlosen, fliehkraftgesteuerten Blattwinkelverstelleinrichtung kann diese als direkter Bestandteil des Rotorblattes bzw. dessen Struktur- oder Befestigungselemente oder eines Rotorkopfelementes ausgebildet werden. Mit anderen Worten, die Blattwinkelverstelleinrichtung kann
- 15 direkt an oder in den rotierenden Teilen des Rotors platziert oder in diese integriert werden. Deshalb ist bei der erfindungsgemäßen Lösung anders als beim Stand der Technik für eine fliehkraftabhängige oder drehzahlbedingte Verstellung des Blattwinkels auch keine Kopplung zwischen einem rotierenden und einem feststehenden Teil des Verstellmechanismus über eine Taumelscheibe hinweg
- 20 notwendig. Dies vereinfacht die Konstruktion erheblich und führt überdies zu einer günstigen Gewichtsreduzierung.

- Für die fliehkraftgesteuerte, drehzahlabhängige Blattwinkelverstellung kann somit auf Verstellmechanismen, wie Sie beim Stand der Technik erforderlich sind, gänzlich verzichtet werden. Wie aus den nachfolgenden Erläuterungen noch
- 25 deutlicher werden wird, sind zudem aufwendige Steuer- und/oder Regeleinrichtungen für eine drehzahlbedingte Blattwinkelverstellung nicht notwendig. Sofern bei dem erfindungsgemäßen Rotor pro Rotorblatt ein oder mehrere torsionsweiche Elemente und eine Steuertüte verwendet werden, so ist es möglich, diese Bauteile erheblich zu verkürzen, woraus wiederum Vorteile für
- 30 die Aerodynamik resultieren, da der ungestörte, aerodynamisch aktive Profilbereich des Rotorblattes weiter nach innen, d.h. zur Rotorachse hin geführt werden kann. Auch der Schlag- und/oder Schwenkgelenksabstand lässt sich

durch diese Maßnahmen verringern, was für bestimmte Anwendungszwecke ebenfalls vorteilhaft ist. Wird der Schlag- und/oder Schwenkgelenkbereich und der torsionsweiche Bereich des Blattanschlusses bzw. des Rotorblattes vom sog. homogenen Rotorblatt durch eine Trennstelle (z.B. ein Bolzenanschluss) lösbar  
5 ausgestaltet, so wandert diese Trennstelle ebenfalls nach innen, zur Rotorachse hin in einen Bereich kleiner Anströmgeschwindigkeiten. Auch dies ist aerodynamisch von Vorteil und gestattet eine leichtere Bauweise.

Weitere bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungsmerkmale des  
10 erfindungsgemäßen Rotors sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 12.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird gemäß einem zweiten Aspekt gelöst durch ein erfindungsgemäßes Drehflügelflugzeug mit den Merkmalen des Anspruchs 13. Das erfindungsgemäße Drehflügelflugzeug bietet im Wesentlichen  
15 die gleichen Vorteile, wie sie bereits weiter oben im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Rotor erläutert wurden.

Darüber hinaus wird die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe gemäß einem dritten Aspekt gelöst durch ein erfindungsgemäßes Verfahren zur  
20 Blattwinkelverstellung mit den Merkmalen des Anspruchs 14.

Dieses Verfahren zur Blattwinkelverstellung eines Rotorblattes eines Rotors, insbesondere eines lagerlosen Rotors, der einen Rotorkopf und einen rotorkopfseitigen Rotorblattanschluss besitzt, umfasst folgende Schritte: Rotieren  
25 des Rotorblattes; und automatisches Verstellen des Blattwinkels durch Verdrehen des rotorkopfseitigen Rotorblattanschlusses und damit des Rotorblattes um seine Längsachse mittels auf das Rotorblatt wirkender Fliehkräfte. Somit kann die Größe des Blattwinkels in Abhängigkeit der Größe der Fliehkraft verändert werden. Das erfindungsgemäße Verfahren offeriert im Wesentlichen die gleichen  
30 Vorteile, wie sie bereits weiter oben im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Rotor dargelegt wurden.

Weitere bevorzugte Ausführungsmerkmale des erfindungsgemäßen Verfahrens sind Gegenstand der Unteransprüche 15 bis 18.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung mit zusätzlichen  
5 Ausgestaltungsdetails und weiteren Vorteilen sind nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen näher beschrieben und erläutert.

#### **KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN**

10 Es zeigt:

Fig. 1 eine schematische, stark vereinfachte Perspektivansicht eines wesentlichen Teilbereichs eines erfindungsgemäßen Rotors gemäß einer ersten Ausführungsform;

15

Fig. 2 eine schematische, stark vereinfachte Seitenansicht des Rotors von Fig. 1;

20 Fig. 3 eine schematische Seitenansicht des Rotors von Fig. 1 in einem ersten Betriebszustand, zu Erläuterung des erfindungsgemäßen Funktionsprinzips;

25 Fig. 4 eine schematische Seitenansicht des Rotors von Fig. 1 in einem zweiten Betriebszustand, zu Erläuterung des erfindungsgemäßen Funktionsprinzips;

Fig. 5 eine schematische, stark vereinfachte Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Rotors gemäß einer zweiten Ausführungsform;

30 Fig. 6 eine schematische, stark vereinfachte Perspektivansicht eines wesentlichen Teilbereichs eines erfindungsgemäßen Rotors gemäß einer dritten Ausführungsform; und

Fig. 7 eine schematische, stark vereinfachte Perspektivansicht eines wesentlichen Teilbereichs eines erfindungsgemäßen Rotors gemäß einer vierten Ausführungsform.

5

## DARSTELLUNG VON BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELEN

In der nachfolgenden Beschreibung und in den Figuren werden zur Vermeidung von Wiederholungen gleiche Bauteile und Komponenten auch mit gleichen  
10 Bezugszeichen gekennzeichnet, sofern keine weitere Differenzierung erforderlich ist.

Fig. 1 zeigt eine schematische, stark vereinfachte Perspektivansicht eines wesentlichen Teilbereichs eines erfindungsgemäßen lagerlosen Rotors gemäß  
15 einer ersten Ausführungsform. Der Rotor umfasst einen Rotormast (nicht gezeigt), einen Rotorkopf (nicht gezeigt), mehrere gleichartig ausgestaltete Rotorblätter 2 und pro Rotorblatt 2 jeweils einen rotorkopfseitigen Rotorblattanschluss 4 mit einer integralen, lagerlosen, fliehkraftgesteuerten Blattwinkelverstelleinrichtung. Zumindest der Rotorblattanschluss 4 ist weitgehendst aus Faserverbundwerkstoff  
20 hergestellt. Der Rotorblattanschluss 4 ist in dieser Ausführungsform Bestandteil des Rotorblattes 2 selbst. Die integrale, lagerlose, fliehkraftgesteuerte Blattwinkelverstelleinrichtung besitzt zwei (oder auch mehrere) Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8, die im Rotorbetrieb fliehkraftbeaufschlagt sind und die auf das drehende Rotorblatt 2 wirkenden Fliehkräfte  $F_c$  abtragen.

25

Die Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8 sind als integraler Bestandteil des Rotorblattes 2 ausgestaltet. Ein jeweiliger Rotorblatt-Anschlussarm 6, 8 kann grundsätzlich einen oder mehrere Armstränge aufweisen, die nebeneinander und/oder  
30 übereinander angeordnet sind und sich auch gabeln können. Im vorliegenden Fall sind die Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8 als platten- oder streifenförmige, biege- und torsionsweiche Strukturelemente mit einer flachen, rechteckigen Querschnittsform ausgebildet. Die Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8 bzw. ihre



Armstränge können grundsätzlich jedoch auch andere geeignete Formen bzw. Querschnittsformen annehmen, so z.B. eine quadratische oder runde Querschnittsform.

- 5 Die Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8 verlaufen ausgehend von einem gemeinsamen Fußbereich 10, der in einen Rotorblatthals 12 mündet, seitlich voneinander beabstandet (d.h. bezogen auf den Rotorkreis in tangentialer Richtung voneinander beabstandet) nebeneinander her. Sie besitzen jeweils mindestens einen gegenüber dem jeweils anderen Rotorblatt-Anschlussarm gegensinnig  
10 abgestuften oder abgewinkelten Armabschnitt 6a, 8a. Beide Armabschnitte 6a, 8a sind bezogen auf die Rotorachse A in axialer Richtung gegeneinander versetzt, d.h. hier, sie sind gegensinnig nach unten und oben abgestuft oder abgewinkelt. Der plattenförmige, breite Fußbereich 10 ist ebenfalls biege- und torsionsweich ausgestaltet und besitzt bei Betrachtung in einer Draufsicht eine trapezartige, sich  
15 zum Rotorblatthals 12 hin verjüngende Gestalt. Der Fußbereich 10 ist schwenksteif und schlagweich ausgebildet. In Zusammenwirkung mit den Rotorblatt-Anschlussarmen 6, 8 bildet der Fußbereich 10 somit eine schlagweiche, aber schwenksteife Rotorblattanbindung, was besonders für  
20 Kipprotoren von Vorteil ist.

- 25 Wie in der Fig. 1 durch das Bezugszeichen T angedeutet, können die das Schlag- und/oder Schwenkgelenk bildenden Bereiche bzw. die torsionsweiche Bereiche des Rotorblattanschlusses 4 bei Bedarf auch vom sog. homogenen Rotorblatt durch eine Trennstelle (z.B. ein Bolzenanschluss) trennbar ausgestaltet werden.

- 30 Aus der Fig. 1 ist ferner ersichtlich, dass die Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8 zusammen eine Art Blattanschlussgabel bilden, wobei sich die Arme 6,8 vorzugsweise links und recht neben der Rotorachse A oder einem Rotormast her erstrecken. Die Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8 sind rotorkopfseitig drehfest (und ggf., aber nicht zwingender Weise gelenkig) mit einem Drehmomentenübertragungselement (z.B. einem Rotorstern oder einer Rotorkopfplatte oder dergleichen) verbunden, welches wiederum drehfest am

Rotormast (nicht gezeigt) fixiert ist. In der Fig. 1 sind die rotorkopfseitigen Anschlusspunkte PH6, PH8 der Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8 der Einfachheit halber nur schematisch an einem schraffierten Bereich angezeichnet. Wie aus der Zeichnung erkennbar, sind die rotorkopfseitigen Anschlusspunkte PH6, PH8 in

5 Axialrichtung A des Rotors voneinander beabstandet. Die rotorblattseitigen, in den Fußbereich 10 mündenden Anschlusspunkte PB6, PB8 hingegen liegen in diesem Beispiel einer gemeinsamen Ebene.

Die Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8 mehrerer Rotorblätter 2 können auch

10 untereinander an einer oder mehreren Stellen verbunden sein (integral oder durch separate Verbindungselemente) und sich hierbei überkreuzen bzw. überlappen. Mehrere solcher in Längsrichtung des Rotorblattes 2 voneinander beabstandete Verbindungsstellen können ein virtuelles Schlag-Hilfsgelenk bilden. Auf diese

15 Weise ist es möglich, dass die Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8 eines Rotorblattes 2 die Fliehkräfte  $F_c$  oder Fliehkraftanteile eines gegenüberliegenden Rotorblattes 2 aufnehmen. Die Rotorkopfbindung der Rotorblätter 2 ist damit faktisch fliehkraftfrei und überträgt lediglich Drehmomente.

Fig. 2 stellt eine schematische, stark vereinfachte Seitenansicht des Rotors von

20 Fig. 1 dar. In dieser Ansicht ist die Abstufung bzw. Abwinkelung der Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8 besonders deutlich erkennbar. Die Abstufung bzw. Abwinkelung an den Armabschnitten 6a, 8a erfolgt über einen schräg verlaufenden Anschlussarmbereich, der hier einen relativ flachen, spitzen Winkel gegenüber dem Vektor der Fliehkraft  $F_c$  und damit der Fliehkraftrichtung

25 einnimmt. Vom Prinzip her kann der Winkel jedoch auch größer sein und sogar Werte von  $90^\circ$  oder mehr annehmen. In der Praxis sind indes die genannten flachen Winkel zu bevorzugen. Es ist in der Zeichnung zu sehen, dass bei den gezeigten Rotorblatt-Anschlussarmen 6, 8 der jeweilige Flächenschwerpunkt bzw. die neutrale Faser eines rotorkopfseitigen Anschlussarmquerschnitts gegenüber

30 dem jeweiligen Flächenschwerpunkt bzw. der neutralen Faser eines rotorblattseitigen Anschlussarmquerschnitts und einer im Betrieb des Rotors durch

diesen rotorblattseitigen Flächenschwerpunkt verlaufenden Vektor der Fliehkräfte  $F_c$  bzw. der Fliehkrafttrichtung nach unten bzw. oben versetzt ist.

Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass sich ein gegenseitiger Versatz der  
5 neutralen Fasern selbst bei geradlinigen und sogar in einer gemeinsamen Ebene  
verlaufenden Anschlussarmen (oder bei einem nur einen einzigen Strang  
aufweisenden Rotorblatt-Anschlussarm; vgl. Fig. 7) zum Beispiel dadurch erzielen  
lässt, dass der jeweilige Anschlussarm beispielsweise einen inhomogenen  
Verstärkungsfaserlagenaufbau und/oder Bereiche mit unterschiedlichen  
10 Steifigkeiten besitzt.

Bei dem erfindungsgemäßen Rotor kann jedes Rotorblatt 2 für die zyklische und  
kollektive Blattverstellung z.B. eine Steuertüte (nicht gezeigt) besitzen, die  
beispielsweise im Bereich der integralen, lagerlosen, fliehkraftgesteuerten  
15 Blattwinkelverstelleinrichtung am Rotorblatthals 12 angreift. Andere für diesen  
Zweck geeignete Steuerelemente sind ebenfalls möglich.

Es wird nun die Funktionsweise des erfindungsgemäßen Rotors und das  
erfindungsgemäße Verfahren zur Blattwinkelverstellung eines jeweiligen  
20 Rotorblattes 2 beschrieben werden.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Blattwinkelverstellung des Rotorblattes 2  
beruht nun darauf, dass das Rotorblatt 2 lagerlos in Drehung versetzt wird und  
sich der Blattwinkel  $W$  durch Verdrehen des rotorkopfseitigen  
25 Rotorblattanschlusses 4; 6, 8 und damit des Rotorblattes 2 um seine Längsachse  
mittels der auf das Rotorblatt 2 wirkenden Fliehkräfte  $F_c$  automatisch verstellt.  
Hierbei wird die Größe des Blattwinkels  $W$  in Abhängigkeit der Größe der  
Fliehkräfte  $F_c$  verändert. Das Verdrehen erfolgt durch gegensinniges, reversibles  
elastisches Verformen der zwei gegensinnig abgestuften oder abgewinkelten  
30 Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8 mittels der auf das Rotorblatt 2 wirkenden  
Fliehkräfte  $F_c$ . Dieses Verformen wird dadurch erreicht, dass mittels der auf das  
Rotorblatt 2 wirkenden Fliehkräfte  $F_c$  zwei gegensinnige Biegemomente  $M_1$ ,  $M_2$

(siehe unten sowie Fig. 4) in den beiden Rotorblatt-Anschlussarmen 6, 8 erzeugt werden. Diese zwei gegensinnigen Biegemomente  $M_1$ ,  $M_2$  wiederum induzieren ein Drehmoment um die Rotorblattlängsachse, so dass eine Blattwinkelverstellung erfolgt.

5

Betrachtet man Fig. 1 bis 4, so wird das zuvor erwähnte Prinzip noch deutlicher werden. Fig. 3 zeigt eine schematische Seitenansicht des Rotors von Fig. 1 in einem ersten Betriebszustand, in dem der Rotor stillsteht, und Fig. 4 einen zweiten Betriebszustand, in dem sich der Rotor dreht. In den Fig. 3 und 4 ist mit einer durchgehenden Linie der Anschlussarm 6 gezeigt und mit einer gestrichelten Linie der andere Anschlussarm 8 angedeutet. Die in den Fig. 3 und 4 skizzierten Lagerstellen L1, L2 können in der Praxis beispielsweise durch zwei oder mehrere in Längsrichtung des Rotorblattes 2 voneinander beabstandeten Befestigungsstellen des jeweiligen Anschlussarms 6, 8 gebildet werden. Eine feste Einspannung der Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8 ist ebenfalls realisierbar.

10  
15

Bei einem Stillstand des Rotors (Fig. 3) wirken keine Fliehkräfte auf das Rotorblatt 2 und die Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8 ( $F_c = 0$ ). Ist der Rotor hingegen in Drehung versetzt (Fig. 4), sind das Rotorblatt 2 und die Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8 Fliehkräften ausgesetzt ( $F_c \gg 0$ ). Die Größe der Fliehkräfte  $F_c$  ist u.a. von der Rotordrehzahl abhängig. Die Fliehkräfte  $F_c$  werden in die Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8 eingeleitet, wobei jeder Arm einen bestimmten Fliehkraftanteil  $F_{c1}$ ,  $F_{c2}$  aufnimmt. Der durch die Fliehkräfte bzw. Fliehkraftanteile bewirkte Kraftfluss verläuft ausgehend von einer Fliehkrafteinleitungsstelle an dem rotorblattseitigen Anschlusspunkt PB6, PB8 bis zu dem rotorkopfseitigen Anschlusspunkt PH6, PH8.

20  
25

Da die in den Rotorblatt-Anschlussarmen 6, 8 auftretenden Effekte im Wesentlichen gleich sind, wird für die nachfolgenden Erläuterungen der Einfachheit halber nur auf den Rotorblatt-Anschlussarm 6 Bezug genommen, sofern keine weitere Ergänzungen erforderlich sind.

30

Da die Flächenschwerpunkte bzw. neutralen Fasern der jeweiligen Anschlussarmquerschnitte über die Länge des Rotorblatt-Anschlussarms 6 ausgehend von der Fliehkrafteinleitungsstelle nicht geradlinig verlaufen (siehe insb. Fig. 2), ist auch der Kraftfluss bezogen auf die Fliehkraftrichtung bzw. den

5 Vektor des Fliehkraftanteils  $F_{c1}$  nicht geradlinig, sondern folgt dem abgewinkelten bzw. abgestuften Verlauf des Rotorblatt-Anschlussarms 6. Folglich wird an dem abgestuften bzw. abgewinkelten Zwischenabschnitt des Rotorblatt-Anschlussarms ein Biegemoment  $M1$  erzeugt (siehe Fig. 4). Das Moment  $M1$  hat dabei die Größe  $M1 = F_{c1} \cdot h1$ , wobei  $F_{c1}$  der auf den Rotorblatt-Anschlussarm wirkende

10 Fliehkraftanteil von  $F_c$  und  $h1$  der senkrechte Abstand (Hebelarm) zwischen dem durch den Flächenschwerpunkt der rotorblattseitigen Fliehkrafteinleitungsstelle verlaufenden Vektor des Fliehkraftanteils  $F_{c1}$  und dem Flächenschwerpunkt des rotorkopfseitigen Endes des abgestuften bzw. abgewinkelten Anschlussarm-Zwischenbereichs (bzw. je nach Ausgestaltungsform auch dem

15 Flächenschwerpunkt des rotorkopfseitigen Anschlusspunkt des Rotorblatt-Anschlussarms) ist.

Durch das Moment  $M1$  tritt eine reversible elastische Verformung, d.h. hier eine Biegung des Rotorblatt-Anschlussarms 6 sowie ggf. der daran angrenzenden

20 Strukturen auf. Im Prinzip versuchen die Fliehkräfte  $F_c$  (hier der Fliehkraftanteil  $F_{c1}$ ) also den Rotorblattanschluss (hier: den Rotorblatt-Anschlussarm 6) so zu verformen, dass der Flächenschwerpunktsverlauf eine gerade Linie mit dem Vektor der Fliehkräfte  $F_c$  (hier: dem Fliehkraftanteil  $F_{c1}$ ) bildet, d.h. mit dem Vektor fluchtet. Ausgehend von dem in Fig. 3 gezeigten Betriebszustand erfährt

25 der rotorblattseitige Anschlusspunkt PB6 bei Drehung des Rotors somit unter Fliehkrafteinwirkung eine Durchsenkung  $dS1$  (Fig. 4).

Die Wirkung an dem anderen Rotorblatt-Anschlussarm 8 sind, wie gesagt, analog, wobei infolge des Fliehkraftanteils  $F_{c2}$  jedoch ein gegensinniges Biegemoment

30  $M2$  und anstelle der Durchsenkung  $dS1$  eine Anhebung  $dS2$  erfolgt (Fig. 4). Die beschriebenen Verformungen treten in diesem Ausführungsbeispiel also an beiden Rotorblatt-Anschlussarmen 6, 8 auf. Da die Verformungsrichtungen hierbei

gegenseitig sind und somit ein Kräftepaar  $F_1$ ,  $F_2$  entsteht (vgl. Fig. 1), wird ein Drehmoment um die Rotorblattlängsachse induziert, die Anschlussarme 6, 8 (sowie ggf. der Fußbereich 10 und Teile des Rotorblatt Halses 12) tordieren, und das Rotorblatt 2 wird lagerlos um seine Längsachse gedreht.

5

Daraus resultiert folglich eine Verstellung des Blattwinkels  $W$  (vgl. Fig. 1). Es ist ersichtlich, dass bei einem gegebenen Rotorblatt 2 die auftretenden Fliehkräfte  $F_c$ , die Verformungen an dem Rotorblattanschluss 4; 6, 8 und die Durchsenkung  $dS_1$  und Anhebung  $dS_2$  direkt von der Drehzahl des Rotors abhängen und der Blattwinkel  $W$  automatisch in Abhängigkeit der Drehzahl verändert wird. Die Größe der Blattwinkeländerung bei einem gegebenen Rotordrehzahlbereich ist neben den zuvor genannten Parametern konstruktiv insbesondere durch den gegenseitigen Abstand der Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8, den Abständen bzw. Hebelarmen  $h_1$ ,  $h_2$  und den Biege- und Torsionseigenschaften der Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8 bzw. deren Material wählbar.

15

Es sei an dieser Stelle ausdrücklich angemerkt, dass das zuvor erläuterte erfindungsgemäße Prinzip auch dann funktioniert, wenn lediglich einer der beiden Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8 abgestuft oder abgewinkelt ist und der andere Rotorblatt-Anschlussarm z.B. geradlinig ausgebildet ist und der Vektor des diesem geradlinigen Arm zugeordneten Fliehkraftanteils durch die Armquerschnitts-Flächenschwerpunkte verläuft.

20

Eine solche Konstellation ist in der Fig. 5 dargestellt, die analog zu der Zeichnung nach Fig. 2 eine schematische, stark vereinfachte Seitenansicht eines erfindungsgemäßen Rotors gemäß einer zweiten Ausführungsform zeigt. Deutlich ist hinter dem ersten, nach unten abgewinkelten bzw. abgestuften Rotorblatt-Anschlussarm 6 der zweite, geradlinige Rotorblatt-Anschlussarm 8 erkennbar. Bei dieser Variante erfolgt eine fliehkraftbedingte Biegung und Verformung und damit Durchsenkung lediglich an dem Rotorblatt-Anschlussarm 6. An dem anderen Rotorblatt-Anschlussarm 8 findet fliehkraftbedingt keine solche Biegung und Verformung statt. Infolge der Durchsenkung an dem Rotorblatt-Anschlussarm 6

25

30

(vgl. Fig. 4) tritt jedoch eine Reaktionskraft an dem anderen geradlinigen Rotorblatt-Anschlussarm 8 auf. Ähnlich wie in Fig. 1 dargestellt, resultiert daraus wieder ein Kräftepaar  $F_1$ ,  $F_2$ , welches den Rotorblattanschluss verdreht und die Blattwinkelverstellung bewirkt. Bei gleichen Abstand bzw. Hebelarm  $h_1$  und  
5 gleichen Abmessungen und Materialeigenschaften der Blattanschlusselemente wird bei der Ausführungsform nach Fig. 5 die Größe des verstellten Blattwinkels  $W$  kleiner als bei der Ausführungsform nach den Fig. 1 und 4 sein.

Fig. 6 zeigt eine schematische, stark vereinfachte Perspektivansicht eines  
10 wesentlichen Teilbereichs eines erfindungsgemäßen Rotors gemäß einer dritten Ausführungsform. Bei dieser Variante sind die Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8 bezogen auf die Rotorachse  $A$  übereinander angeordnet und verlaufen in einem axialen Abstand zueinander. Die Rotorblatt-Anschlussarme 6, 8 bzw. deren Armabschnitte sind im Wesentlichen in einer zur Rotorkreisebene parallelen  
15 Ebene (oder in einem vorzugsweise relativ geringen, spitzen Winkel dazu) gegensinnig nach links und rechts (hier: in tangentialer Richtung) abgestuft oder abgewinkelt. Die Ausführungsform nach Fig. 5 ist nicht so flach gebaut wie die der Fig. 1 bis 4, jedoch kann sie schwenkweicher als diese ausgeführt werden, was für bestimmte Einsatzzwecke ebenfalls vorteilhaft ist.

20  
Fig. 7 stellt eine schematische, stark vereinfachte Perspektivansicht eines wesentlichen Teilbereichs eines erfindungsgemäßen Rotors gemäß einer vierten Ausführungsform dar. Die Blickrichtung verläuft ausgehend vom Rotorkopf (nicht gezeigt) zur Rotorblattspitze (nicht gezeigt) hin. Diese Variante besitzt pro  
25 Rotorblatt 2 lediglich einen einzigen Rotorblatt-Anschlussarm 14, der in diesem Fall streifenförmig ausgebildet ist und einen abgestuften oder abgewinkelten Armabschnitt 14a mit zwei schräg verlaufenden Abwinkelungsachsen  $X_1$ ,  $X_2$  aufweist. Aufgrund dieser Abstufung bzw. Abwinkelung wird zwischen einem rotorkopfseitigen Anschlusspunkt des Rotorblatt-Anschlussarms 14 und einem  
30 Vektor einer auf das Rotorblatt 2 wirkend Fliehkraft  $F_c$  mindestens ein Hebelarm gebildet, mit dem der Rotorblatt-Anschlussarm 14 unter Einwirkung der Fliehkraft  $F_c$  verdreht und somit eine Verstellung des Blattwinkels  $W$  bewirkt wird. Genauer

gesagt, sind hier zwei Hebelarme h1 und h2 vorhanden: h1 in axialer Richtung des Rotors und h2 bezogen auf den Rotorkreis in tangentialer Richtung. Bei dem Rotor nach Fig. 7 wird der Blattwinkel W bei einer Erhöhung der Drehzahl verkleinert.

5

Zwei Anschlussarme 14 können z.B. auch in einer der Fig. 1 ähnelnden Konfiguration nebeneinander und bevorzugt geringfügig in Axialrichtung des Rotors gegeneinander versetzt angeordnet werden. Im Rotorbetrieb resultieren daraus an den jeweiligen abgewinkelten bzw. abgestuften Armabschnitten 14a  
10 keine gegensinnigen, sondern gleichsinnigen Biegemomente, die dennoch eine fliehkraftbedingte Verdrehung des Rotorblattes um die Rotorblattlängsachse und damit eine Verstellung des Blattwinkels bewirken.

Der erfindungsgemäße Rotor wird bei einem Drehflügelflugzeug, wie zum Beispiel  
15 ein Hubschrauber oder Kipprotorhubschrauber, eingesetzt.

Die Erfindung ist nicht auf die obigen Ausführungsbeispiele, die lediglich der allgemeinen Erläuterung des Kerngedankens der Erfindung dienen, beschränkt. Im Rahmen des Schutzzumfangs kann der erfindungsgemäße Rotor vielmehr auch  
20 andere als die oben konkret beschriebenen Ausgestaltungsformen annehmen. Der Rotor kann hierbei insbesondere Merkmale aufweisen, die eine Kombination aus den Merkmalen des Hauptanspruchs und allen oder nur einigen Unteransprüchen darstellen. Die Rotorblatt-Anschlussarme können auch seitlich versetzt übereinander verlaufen oder sich überkreuzen, und die Abwinkelungen  
25 oder Abstufungen ihrer Armabschnitte können in anderen Richtungen als der beschriebenen axialen oder tangentialen Richtung erfolgen. Hierbei müssen die Abwinkelungen oder Abstufungen nicht nur in einer Eben verlaufen, sie sind, wie z.B. in Fig. 7, auch räumlich ausführbar. Überdies können die Rotorblatt-Anschlussarme als integraler Bestandteil eines Rotorkopfelementes, z.B. einer  
30 Rotorkopfplatte, ausgebildet sein, an dem ein oder mehrere Rotorblätter anschließbar sind.



Überdies ist es möglich, die Anschlussarme oder einen einzelnen Anschlussarm in sich verdreht oder mehrere Anschlussarme miteinander verdrillt auszubilden. Im Sinne der Erfindung können mindestens zwei Anschlussarme z.B. in Form von fliehkraftabtragenden Zugsträngen auch als integraler Bestandteil eines einzelnen  
5 Blattanschlusselementes ausgebildet sein, welches die Anschlussarme teilweise oder im Wesentlichen vollständig umschließt bzw. verkleidet. Mehrere Anschlussarme sind auch mit einem sehr geringen Abstand neben- und/oder übereinander anzuordnen. Des weiteren kann ein Bereich zwischen den Anschlussarmen mit einer weichen, elastischen Zwischenfüllung, z.B. einem  
10 elastischen Schaumstoff oder dergleichen, ausgestattet sein, der die Verformung der Anschlussarme nicht behindert und zusätzlich auch Verkleidungs-, Stütz- oder Aussteifungsfunktionen übernehmen kann. Bei den obigen Ausführungsformen kann zudem auch der Rotorblattthals torsionsweich und/oder biegeweich ausgestaltet werden. Erfindungsgemäß sind auch Mischformen aus den  
15 erläuterten Ausführungsformen denkbar.

Es sei nochmals ausdrücklich angemerkt, dass die obigen Zeichnungen rein schematisch sind und die gezeigte Bauteile und insbesondere die Abwinkelungen oder Abstufungen der Rotorblatt-Anschlussarme in der Praxis ergo nicht so eckig  
20 und kantig wie in den Figuren dargestellt ausgestaltet sein müssen, sondern in der Regel entsprechend weichere, werkstoffgerechte Übergänge und Bauteilverläufe besitzen.

Bezugszeichen in den Ansprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen  
25 dienen lediglich dem besseren Verständnis der Erfindung und sollen den Schutzzumfang nicht einschränken.

## Bezugszeichenliste

Es bezeichnen:

	2	Rotorblatt
5	4	Rotorblattanschluss
	6	Rotorblatt-Anschlussarm
	6a	Abgestufter oder abgewinkelter Armabschnitt
	8	Rotorblatt-Anschlussarm
	8a	Abgestufter oder abgewinkelter Armabschnitt
10	10	Fußbereich
	12	Rotorblatthals
	14a	Abgestufter oder abgewinkelter Armabschnitt
	dS1	Durchsenkung
15	sD2	Anhebung
	h1	Hebelarm / Abstand
	h2	Hebelarm / Abstand
	F1	Kraft
	F2	Kraft
20	Fc	Fliehkraft / Fliehkraftrichtung
	M1	Biegemoment
	M2	Biegemoment
	L1	Lagerstelle
	L2	Lagerstelle
25	PB6	Rotorblattseitiger Anschlusspunkt von 6
	PB8	Rotorblattseitiger Anschlusspunkt von 8
	PH6	Rotorkopfseitiger Anschlusspunkt von 6
	PH8	Rotorkopfseitiger Anschlusspunkt von 8
	T	Trennstelle
30	W	Blattwinkel
	X1	Abwinkelungsachse
	X2	Abwinkelungsachse

### Patentansprüche

1. Rotor, insbesondere für ein Drehflügelflugzeug, umfassend: einen  
5 Rotorkopf, mindestens ein Rotorblatt (2) und einen rotorkopfseitigen Rotorblattanschluss (4) mit einer integralen, lagerlosen, fliehkraftgesteuerten Blattwinkelverstelleinrichtung (6, 8; 14).
2. Rotor nach Anspruch 1,  
10 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
die integrale, lagerlose, fliehkraftgesteuerte Blattwinkelverstelleinrichtung mindestens einen im Rotorbetrieb fliehkraftbeaufschlagten Rotorblatt-Anschlussarm (6; 8; 14) besitzt, der mindestens einen abgestuften oder abgewinkelten Armabschnitt (6a; 8a; 14a) aufweist, welcher zwischen  
15 einem rotorkopfseitige Anschlusspunkt des Rotorblatt-Anschlussarms (6; 8; 14) und  
- einem Vektor einer auf das Rotorblatt (2) wirkend Fliehkraft ( $F_c$ ),  
oder  
- einem Vektor eines auf den mindestens einen Rotorblatt-  
20 Anschlussarm (6; 8; 14) wirkenden Fliehkraftanteils ( $F_{c1}$ ,  $F_{c2}$ )  
mindestens einen Hebelarm ( $h_1$ ,  $h_2$ ) bildet, mit dem der Rotorblatt-Anschlussarm (14) und das Rotorblatt (2) unter Einwirkung der Fliehkraft ( $F_c$ ) verdrehbar sind.
- 25 3. Rotor nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die integrale, lagerlose, fliehkraftgesteuerte Blattwinkelverstelleinrichtung mindestens zwei im Rotorbetrieb fliehkraftbeaufschlagte Rotorblatt-Anschlussarme (6, 8) besitzt, die ausgehend von einem gemeinsamen  
30 Fußbereich (10), der in einen Rotorblatthals (12) mündet, in einem Abstand zueinander verlaufen und von denen mindestens einer (6; 6, 8) einen

Armabschnitt (6a; 6a, 8a) besitzt, der gegenüber dem anderen Rotorblatt-Anschlussarm (8; 6, 8) abgestuft oder abgewinkelt ist.

4. Rotor nach einem oder mehreren der vorher genannten Ansprüche,  
5 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
die mindestens zwei Rotorblatt-Anschlussarme (6, 8) gegensinnig abgestufte oder abgewinkelte Armabschnitte (6a, 8a) besitzen.
5. Rotor nach einem oder mehreren der vorher genannten Ansprüche,  
10 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
die mindestens zwei Rotorblatt-Anschlussarme (6, 8) bezogen auf den Rotorkreis in tangentialer Richtung seitlich voneinander beabstandet nebeneinander verlaufen und ihre Armabschnitte (6a, 8a) bezogen auf die Rotorachse (A) in axialer Richtung gegeneinander versetzt sind.  
15
6. Rotor nach einem oder mehreren der vorher genannten Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die mindestens zwei Rotorblatt-Anschlussarme (6, 8) bezogen auf die Rotorachse (A) übereinander angeordnet sind und in einem Abstand  
20 zueinander verlaufen und ihre Armabschnitte (6a, 8a) im Wesentlichen in einer zur Rotorkreisebene parallelen Ebene oder in einem spitzen Winkel dazu gegensinnig nach links und rechts abgestuft oder abgewinkelt sind.
7. Rotor nach einem oder mehreren der vorher genannten Ansprüche,  
25 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
von jedem Rotorblatt-Anschlussarm (6, 8; 14) der Flächenschwerpunkt oder die neutrale Faser eines rotorkopfseitigen Anschlussarmquerschnitts gegenüber dem Flächenschwerpunkt oder der neutralen Faser eines rotorblattseitigen Anschlussarmquerschnitts und einer im Betrieb des  
30 Rotors durch diesen rotorblattseitigen Flächenschwerpunkt verlaufenden Fliehkraftrichtung (Fc) versetzt ist.

8. Rotor nach einem oder mehreren der vorher genannten Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die mindestens zwei Rotorblatt-Anschlussarme (6, 8) rotorkopfseitige  
5 Anschlusspunkte (PH6, PH8) besitzen, die in Axialrichtung (A) des Rotors  
voneinander beabstandet sind.
9. Rotor nach einem oder mehreren der vorher genannten Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
10 der mindestens eine Rotorblatt-Anschlussarm (6, 8; 14) und/oder der  
Fußbereich (10) und/oder der Rotorblatthals (12) torsionsweich  
ausgestaltet sind.
10. Rotor nach einem oder mehreren der vorher genannten Ansprüche,  
15 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
der mindestens eine Rotorblatt-Anschlussarm (6, 8; 14) integraler  
Bestandteil des Rotorblattes ist.
11. Rotor nach einem oder mehreren der vorher genannten Ansprüche,  
20 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
der mindestens eine Rotorblatt-Anschlussarm (6, 8; 14) integraler  
Bestandteil eines Rotorkopfelementes ist, an dem das mindestens eine  
Rotorblatt (2) anschließbar ist.
- 25 12. Rotor nach einem oder mehreren der vorher genannten Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
der Fußbereich (10) schwenksteif und schlagweich ausgebildet ist.
13. Drehflügelflugzeug, insbesondere ein Hubschrauber, insbesondere ein  
30 Kipprotorhubschrauber, umfassend mindestens einen Rotor nach einem  
oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11.

14. Verfahren zur Blattwinkelverstellung eines Rotorblattes (2) eines Rotors, insbesondere eines lagerlosen Rotors, der einen Rotorkopf und einen rotorkopfseitigen Rotorblattanschluss (4; 6, 8; 14) besitzt, umfassend folgende Schritte:
- 5       -       Rotieren des Rotorblattes (2), und
- automatisches Verstellen des Blattwinkels (W) durch Verdrehen des rotorkopfseitigen Rotorblattanschlusses (4; 6, 8; 14) und damit des Rotorblattes (2) um seine Längsachse mittels auf das Rotorblatt (2) wirkender Fliehkräfte (Fc).
- 10
15. Verfahren nach Anspruch 14,
- dadurch gekennzeichnet, dass**
- das Verdrehen des rotorkopfseitigen Rotorblattanschlusses durch reversibles elastisches Verformen von mindestens einem Rotorblatt-
- 15       Anschlussarm (6, 8; 14) mittels der auf das Rotorblatt (2) wirkenden Fliehkräfte (Fc) erfolgt.
16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15,
- dadurch gekennzeichnet, dass**
- 20       das reversible elastische Verformen des mindestens einen Rotorblatt-Anschlussarms (6, 8; 14) durch Erzeugen von mindestens einem Biegemoment (M1, M2) in diesem Rotorblatt-Anschlussarm (6, 8; 14) mittels der auf das Rotorblatt (2) wirkenden Fliehkräfte (Fc) erfolgt, wobei
- das Biegemoment (M1, M2) ein Drehmoment (F1-F2) um die
- 25       Rotorblattlängsachse induziert.
17. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 16,
- dadurch gekennzeichnet, dass**
- 30       das Verdrehen durch gegensinniges, reversibles elastisches Verformen von mindestens zwei gleich- oder gegensinnig abgestuften oder abgewinkelten Rotorblatt-Anschlussarmen (6, 8) mittels der auf das Rotorblatt (2) wirkenden Fliehkräfte (Fc) erfolgt.

18. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 17,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das reversible elastische Verformen der mindestens zwei gleich- oder  
5 gegensinnig abgestuften oder abgewinkelten Rotorblatt-Anschlussarme (6,  
8) durch Erzeugen von zwei gleich- oder gegensinnigen Biegemomenten  
(M1, M2) in den beiden Rotorblatt-Anschlussarmen (6, 8) mittels der auf  
das Rotorblatt (2) wirkenden Fliehkräfte (Fc) erfolgt.  
wobei die gleich- oder gegensinnigen Biegemomente (M1, M2) ein  
10 Drehmoment um die Rotorblattlängsachse induzieren.

**GEÄNDERTE ANSPRÜCHE**

[beim Internationalen Büro am 15. September 2004 (15.09.04) eingegangen;  
ursprüngliche Ansprüche 1-18 durch neue Ansprüche 1-18 ersetzt (5 Seiten)]

5

**+ ERKLÄRUNG**

1. Drehflügelflugzeug-Rotor, umfassend: einen Rotorkopf, mindestens ein  
10 Rotorblatt (2) und einen rotorkopfseitigen Rotorblattanschluss (4) mit einer  
integralen, lagerlosen, fliehkraftgesteuerten Blattwinkelverstelleinrichtung  
(6, 8; 14).
2. Drehflügelflugzeug-Rotor nach Anspruch 1,  
15 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
die integrale, lagerlose, fliehkraftgesteuerte Blattwinkelverstelleinrichtung  
mindestens einen im Rotorbetrieb fliehkraftbeaufschlagten Rotorblatt-  
Anschlussarm (6; 8; 14) besitzt, der mindestens einen abgestuften oder  
abgewinkelten Armabschnitt (6a; 8a; 14a) aufweist, welcher zwischen  
20 einem rotorkopfseitige Anschlusspunkt des Rotorblatt-Anschlussarms (6; 8;  
14) und  
- einem Vektor einer auf das Rotorblatt (2) wirkend Fliehkraft ( $F_c$ ),  
oder  
- einem Vektor eines auf den mindestens einen Rotorblatt-  
25 Anschlussarm (6; 8; 14) wirkenden Fliehkraftanteils ( $F_{c1}$ ,  $F_{c2}$ )  
mindestens einen Hebelarm ( $h_1$ ,  $h_2$ ) bildet, mit dem der Rotorblatt-  
Anschlussarm (14) und das Rotorblatt (2) unter Einwirkung der Fliehkraft  
( $F_c$ ) verdrehbar sind.

**GEÄNDERTES BLATT (ARTIKEL 19)**



3. Drehflügelflugzeug-Rotor nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die integrale, lagerlose, fliehkraftgesteuerte Blattwinkelverstelleinrichtung  
5 mindestens zwei im Rotorbetrieb fliehkraftbeaufschlagte Rotorblatt-  
Anschlussarme (6, 8) besitzt, die ausgehend von einem gemeinsamen  
Fußbereich (10), der in einen Rotorblattthals (12) mündet, in einem Abstand  
zueinander verlaufen und von denen mindestens einer (6; 6, 8) einen  
Armabschnitt (6a; 6a, 8a) besitzt, der gegenüber dem anderen Rotorblatt-  
10 Anschlussarm (8; 6, 8) abgestuft oder abgewinkelt ist.
4. Drehflügelflugzeug-Rotor nach einem oder mehreren der vorher genannten  
Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
15 die mindestens zwei Rotorblatt-Anschlussarme (6, 8) gegenseitig  
abgestufte oder abgewinkelte Armabschnitte (6a, 8a) besitzen.
5. Drehflügelflugzeug-Rotor nach einem oder mehreren der vorher genannten  
Ansprüche,  
20 **dadurch gekennzeichnet, dass**  
die mindestens zwei Rotorblatt-Anschlussarme (6, 8) bezogen auf den  
Rotorkreis in tangentialer Richtung seitlich voneinander beabstandet  
nebeneinander verlaufen und ihre Armabschnitte (6a, 8a) bezogen auf die  
Rotorachse (A) in axialer Richtung gegeneinander versetzt sind.  
25
6. Drehflügelflugzeug-Rotor nach einem oder mehreren der vorher genannten  
Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
30 die mindestens zwei Rotorblatt-Anschlussarme (6, 8) bezogen auf die  
Rotorachse (A) übereinander angeordnet sind und in einem Abstand  
zueinander verlaufen und ihre Armabschnitte (6a, 8a) im Wesentlichen in

einer zur Rotorkreisebene parallelen Ebene oder in einem spitzen Winkel dazu gegensinnig nach links und rechts abgestuft oder abgewinkelt sind.

- 5 7. Drehflügelflugzeug-Rotor nach einem oder mehreren der vorher genannten Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
von jedem Rotorblatt-Anschlussarm (6, 8; 14) der Flächenschwerpunkt oder die neutrale Faser eines rotorkopfseitigen Anschlussarmquerschnitts gegenüber dem Flächenschwerpunkt oder der neutralen Faser eines  
10 rotorblattseitigen Anschlussarmquerschnitts und einer im Betrieb des Rotors durch diesen rotorblattseitigen Flächenschwerpunkt verlaufenden Fliehkraftrichtung (Fc) versetzt ist.
- 15 8. Drehflügelflugzeug-Rotor nach einem oder mehreren der vorher genannten Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
die mindestens zwei Rotorblatt-Anschlussarme (6, 8) rotorkopfseitige Anschlusspunkte (PH6, PH8) besitzen, die in Axialrichtung (A) des Rotors voneinander beabstandet sind.
- 20 9. Drehflügelflugzeug-Rotor nach einem oder mehreren der vorher genannten Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
der mindestens eine Rotorblatt-Anschlussarm (6, 8; 14) und/oder der  
25 Fußbereich (10) und/oder der Rotorblatthals (12) torsionsweich ausgestaltet sind.
- 30 10. Drehflügelflugzeug-Rotor nach einem oder mehreren der vorher genannten Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
der mindestens eine Rotorblatt-Anschlussarm (6, 8; 14) integraler Bestandteil des Rotorblattes ist.

11. Drehflügelflugzeug-Rotor nach einem oder mehreren der vorher genannten Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
5 der mindestens eine Rotorblatt-Anschlussarm (6, 8; 14) integraler Bestandteil eines Rotorkopfelementes ist, an dem das mindestens eine Rotorblatt (2) anschließbar ist.
12. Drehflügelflugzeug-Rotor nach einem oder mehreren der vorher genannten Ansprüche,  
10 dadurch gekennzeichnet, dass  
der Fußbereich (10) schwenkstelf und schlagweich ausgebildet ist.
13. Drehflügelflugzeug, insbesondere ein Hubschrauber, insbesondere ein  
15 Kipprotorhubschrauber, umfassend mindestens einen Drehflügelflugzeug-Rotor nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11.
14. Verfahren zur Blattwinkelverstellung eines Rotorblattes (2) eines  
20 Drehflügelflugzeug-Rotors, insbesondere eines lagerlosen Drehflügelflugzeug-Rotors, der einen Rotorkopf und einen rotorkopfseitigen lagerlosen Rotorblattanschluss (4; 6, 8; 14) besitzt, umfassend folgende Schritte:  
- Rotieren des Rotorblattes (2), und  
- automatisches Verstellen des Blattwinkels (W) durch Verdrehen des  
25 rotorkopfseitigen lagerlosen Rotorblattanschlusses (4; 6, 8; 14) und damit des Rotorblattes (2) um seine Längsachse mittels auf das Rotorblatt (2) wirkender Fliehkräfte (Fc).

15. Verfahren nach Anspruch 14,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Verdrehen des rotorkopfseitigen lagerlosen Rotorblattanschlusses  
durch reversibles elastisches Verformen von mindestens einem Rotorblatt-  
Anschlussarm (6, 8; 14) mittels der auf das Rotorblatt (2) wirkenden  
Fliehkräfte ( $F_c$ ) erfolgt.
16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das reversible elastische Verformen des mindestens einen Rotorblatt-  
Anschlussarms (6, 8; 14) durch Erzeugen von mindestens einem  
Biegemoment ( $M_1$ ,  $M_2$ ) in diesem Rotorblatt-Anschlussarm (6, 8; 14)  
mittels der auf das Rotorblatt (2) wirkenden Fliehkräfte ( $F_c$ ) erfolgt, wobei  
das Biegemoment ( $M_1$ ,  $M_2$ ) ein Drehmoment ( $F_1$ - $F_2$ ) um die  
Rotorblattlängsachse induziert.
17. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 16,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das Verdrehen durch gegenseitiges, reversibles elastisches Verformen von  
mindestens zwei gleich- oder gegensinnig abgestuften oder abgewinkelten  
Rotorblatt-Anschlussarmen (6, 8) mittels der auf das Rotorblatt (2)  
wirkenden Fliehkräfte ( $F_c$ ) erfolgt.
18. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 14 bis 17,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
das reversible elastische Verformen der mindestens zwei gleich- oder  
gegenseitig abgestuften oder abgewinkelten Rotorblatt-Anschlussarme (6,  
8) durch Erzeugen von zwei gleich- oder gegensinnigen Biegemomenten  
( $M_1$ ,  $M_2$ ) in den beiden Rotorblatt-Anschlussarmen (6, 8) mittels der auf  
das Rotorblatt (2) wirkenden Fliehkräfte ( $F_c$ ) erfolgt.  
wobei die gleich- oder gegensinnigen Biegemomente ( $M_1$ ,  $M_2$ ) ein  
Drehmoment um die Rotorblattlängsachse induzieren.

**Erklärung nach Art. 19 (1) und Regel 46.4 PCT**

Zu den gemäß Art. 19 PCT geänderten Patentansprüchen:

**1. Einschränkung des Schutzbegehrens / Klarstellungen**

Gemäß den geänderten Hauptansprüchen 1 und 14 wurde das Schutzbegehren explizit auf einen Drehflügelflugzeug-Rotor sowie ein Verfahren zur Blattwinkelverstellung eines Rotorblattes eines Drehflügelflugzeug-Rotors eingeschränkt.

In diesem Zusammenhang wurde in den geänderten Ansprüchen 14 und 15 auch klargestellt, dass es sich bei dem rotorkopfseltigen Rotorblattanschluss 4, 6, 8, 14 um einen lagerlosen Rotorblattanschluss handelt, wie z.B. deutlich aus dem ursprünglichen Patentanspruch 1 hervorgeht, der beschreibt, dass die mit diesem Rotorblattanschluss 4 durchgeführte Blattwinkelverstellung lagerlos ist.

**2. Neuheit**

Der geänderte Hauptanspruch 1 ist neu gegenüber den im Internationalen Recherchenbericht zitierten Druckschriften

D1 (US 2757745 A),  
D2 (US 4678923 A),  
D3 (US 2684721 A),  
D4 (US 3999886 A).

- 2.1 Die Druckschrift D1 offenbart entgegen der Ansicht der Internationalen Recherchenbehörden (ISA) keinen Rotorblattanschluss mit einer lagerlosen Blattwinkelverstelleinrichtung. Aus der D1 geht vielmehr zweifelsfrei hervor, dass dort die Blattwinkelverstellung mit Hilfe von Lagern 58' und 59' erfolgt (vgl. z.B. Spalte 4, Zellen 56 und 57 sowie Fig. 3B). Ein Gleiches gilt für die weiteren in der D1 gezeigten Rotorvarianten, wobei noch ergänzend zu beachten ist, dass bei deren Variante nach Fig. 8 keine fliehkraftgesteuerte Blattwinkelverstellung erfolgt, sondern eine Verstellung mittels der am Rotorblatt auftretenden Auftriebskräfte (vgl. D1, Spalte 9, Zellen 68 bis 71).

Darüber hinaus ist festzustellen, dass bei der D1 die Blattwinkelverstelleinrichtung nicht integraler, sondern differentialer Bestandteil,

d.h. ein separates Teil des Rotorblattanschlusses ist, was ebenfalls durch die besagten Lagereinrichtungen bedingt ist.

Der Anspruch 1 ist folglich neu gegenüber der D1.

- 2.2. Die Druckschrift D2 offenbart einen Windmühlenrotor oder reinen Propeller z.B. in der Art eines Gebläses oder Ventilators und damit einen grundsätzlich anderen Gegenstand als die vorliegende Erfindung. In der Beschreibungseinleitung der D2 ist zwar erwähnt, dass Blattwinkelverstelleinrichtungen auch bei Helikoptern bekannt sind, jedoch seien diese nicht für Windmühlenrotoren geeignet, so dass die D2 diesen Rotortyp auch nicht betrachtet (vgl. D1, Spalte 1, Zeilen 10 – 15).

Es ist in diesem Zusammenhang besonders hervorzuheben, dass Drehflügelflugzeug-Rotoren spezielle Rotoren darstellen, die, wie der Fachmann der Luftfahrzeugtechnik weiß, nicht mit Propellern oder Verstellpropellern, wie sie z.B. bei Tragflächenflugzeugen bekannt sind, oder mit Windmühlen- oder Windkraftanlagen-Rotoren vergleichbar sind. Der Grund dafür ist, dass konventionelle Propeller oder Windmühlenrotoren unter konstanten Anströmungsbedingungen operieren, bei denen insbesondere an allen Propeller- oder Rotorblättern die gleichen, symmetrischen Anströmungsbedingungen herrschen. Dies ist bei Drehflügelflugzeug-Rotoren bekanntlich nicht der Fall, da die bei einer Rotation jeweils vorseilenden und nachseilenden Rotorblätter extrem unterschiedliche, asymmetrische Anströmungsbedingungen besitzen, welche Schlag- und Schwenkgelenke erforderlich machen, um stabile Rotorbetriebs- und Flugzustände erreichen zu können. Diese insb. zyklisch bedingten Strömungs- und Bewegungszustände werden zusätzlich durch erforderliche zyklische und kollektive Blattwinkelverstellungen sowie durch Corioliseffekte überlagert, was insgesamt zu hochgradig komplexen dynamischen Strömungs- und Schwingungszuständen führt.

Darüber hinaus ist festzustellen, dass bei der D2 die Blattwinkelverstelleinrichtung nicht integral, sondern in sog. Differentialbauweise ausgeführt ist.

Der Gegenstand des geänderten Anspruchs 1 ist folglich neu gegenüber der D2.

- 2.3 Die Druckschrift D3 offenbart einen Drehflügelflugzeug-Rotor mit einer fliehkraftgesteuerten Blattwinkelverstelleinrichtung, wobei eine geringe radiale fliehkraftbedingte Verschiebewegung des Rotorblattes 1 auf einer sich in

Längsrichtung des Rotorblattes erstreckenden Welle 2 in eine Drehung des Blattes um die Welle 2 umgesetzt wird (vgl. z. B. D3, Spalte 2, Zeilen 3 bis 6 sowie Figuren 1 bis 3). Diese Blattwinkelverstelleinrichtung ist jedoch keineswegs lagerlos ausgebildet, da sich, wie explizit aus der D3 hervorgeht, Lager 4 besitzt, um das Rotorblatt 1 um die Welle 2 herum schwenken zu können (vgl. D3, Spalte 2, Zeilen 3 bis 6).

Darüber hinaus offenbart die D3 z.B. in der Fig. 4 ein Rotorkopfkonzept, welches als sog. Gimbalrotor bekannt ist (vgl. auch D3, Spalte 3, Zeilen 10 bis 12). Gimbalrotoren sind jedoch Rotoren, bei denen die Schlag- und Schwenkbewegungen der Rotorblätter sowie die Blattwinkelverstellung mittels Gelenken und Lagern realisiert ist.

Der Gegenstand des geänderten Anspruchs 1 ist folglich neu gegenüber der D3.

- 2.4 Obwohl die ISA die Neuheit des Anspruchs 1 in Anbetracht der D4 ersichtlich nicht in Abrede stellt, darf der Vollständigkeit halber auf folgendes hingewiesen werden:

Die D4 offenbart einen lagerlosen Drehflügelflugzeug-Rotor, bei dem beim zyklisch bedingten nachellenden und vorausellenden Rotorblatte eine Biegung des Rotorblattes insbesondere in Schwenkrichtung auftritt. Diese Biegung wird in eine von der Blattspitze des Rotorblattes ausgehende Verdrehung eines bezogen auf den Rotorradius radial äußeren Teilbereichs des Rotorblattes umgesetzt. Die "Blattverstellung" erfolgt also nicht fliehkraftgesteuert. Vielmehr wird eine zyklisch bedingte elastische Biegung des Rotorblattes in Schwenkrichtung für eine Blattspitzenwinkel-Verstellung ausgenutzt. Die in der D4 vorgeschlagene Torsion des Rotorblattes im blattspitzennahen Bereich ersetzt eine bei moderneren Rotorblättern an dieser Stelle vorhandene Rotorblattklappe. Bei der D4 kann man deshalb auch nicht von einer Blattwinkelverstellung im Sinne der vorliegenden Erfindung sprechen. Denn eine Blattwinkelverstellung wird in der Rotortechnologie allgemein als Winkelverstellung des gesamten Rotorblattes zum Zwecke von kollektiven und/oder zyklischen Steuerbewegungen verstanden.

Einen rotorkopfseitigen Rotorblattanschluss mit einer integralen, lagerlosen, fliehkraftgesteuerten Blattwinkelverstelleinrichtung offenbart die D4 also nicht.

Der Gegenstand des geänderten Anspruchs 1 ist folglich auch neu gegenüber der D4.

- 2.5. Die obigen Darlegungen und Schlussfolgerungen geltend analog für den nebengeordneten Hauptanspruch 14.

### 3. Erfinderische Tätigkeit

Der Gegenstand des geänderten Anspruchs 1 beruht in Anbetracht der D1 bis D4 auch auf erfinderische Tätigkeit.

- 3.1. Bei der Beurteilung der erfinderischen Tätigkeit ist es bekanntlich nicht ausschlaggebend, ob ein Fachmann den Gegenstand der Anmeldung hätte ausführen können, sondern vielmehr, ob er es in der Hoffnung auf eine Lösung der zugrunde liegenden technischen Aufgabe bzw. gerade in der Erwartung einer Verbesserung oder eines Vorteils auch getan hätte. Es kommt also nicht darauf an, ob der Fachmann durch eine Zusammenschau oder Modifikation des Standes der Technik zur Erfindung hätte gelangen können; zu fragen ist vielmehr, ob er in Erwartung der tatsächlichen Vorteile, d.h. in Lichte der bestehenden technischen Aufgabe, so vorgegangen wäre, weil dem Stand der Technik konkrete Anregungen für die Erfindung zu entnehmen waren.
- 3.2. Wie aus den vorangegangenen Darlegungen zur Neuheit ersichtlich ist, fehlen jeder der Entgegenhaltungen D1 bis D4 wesentliche Merkmale der Erfindung. Bereits aus diesem Grund können die D1 bis D4 weder einzeln noch in Kombination in naheliegender Weise zu der erfindungsgemäßen Lösung führen, da hierzu erst eine Vielzahl von Abänderungen, Hinzufügungen und einzelnen aufeinander folgenden erfinderischen Überlegungen und Schritten erforderlich gewesen wäre. Dies ist ein deutliches Beweisanzeichen für das Vorliegen von erfinderischer Tätigkeit.
- 3.3. Die D1 betrachtet zwar bereits eine fliehkraftgesteuerte Blattwinkelverstellung, realisiert dies jedoch mit einem speziellen Mechanismus aus einer Vielzahl von Lagern und separaten, in Differentialbauweise ausgestalteten Komponenten. Die Bedeutung einer integralen und lagerlosen Bauweise im Hinblick auf verbesserte aerodynamische Eigenschaften, das Rotorgewicht und eine möglichst einfache und effektive Verstellung des Rotorblattwinkels wurde in der D1 ersichtlich nicht erkannt. Darüber hinaus ist festzustellen, dass aufgrund der in der D1 propagierten konventionellen Bauweise die für die Rotorblattverstellung erforderlichen Elemente (z.B. 24, 25; 92 bis 95; usw.) sehr lang auszubilden sind und ein hohen prozentualen Anteil des Rotorradius bzw. der Rotorblattlänge einnehmen. Dies ist nicht nur aerodynamisch ungünstig, sondern führt auch zu einem erhöhten Baugewicht, einer großen Bauhöhe des Rotorkopfes und einer insgesamt komplizierten, aufwändigen und wartungsintensiven Bauweise. Darüber hinaus besteht bei der D1 keinerlei



Möglichkeit, durch die Bauweise des rotorkopfseitigen Rotorblattanschlusses bzw. seiner Blattwinkelverstelleinrichtung die Schwenksteifigkeit des Rotors bzw. der Rotorblätter zu beeinflussen. Dies ist ein grundsätzliches Problem von Rotoren in konventioneller Gelenkbauweise, zu der auch die D1 gehört. In der D1 wurden die der vorliegenden Erfindung zugrunde liegenden technischen Probleme also weder erkannt noch wird hierfür eine geeignete Lösung angeboten.

Die D1 konnte die erfindungsgemäße Lösung daher nicht nahe legen.

- 3.4. Die D2 wiederum betrifft einfache Windmühlen-Rotoren oder konventionelle Propeller, wie sie z.B. in Gebläsen oder dergleichen Anwendung finden. Wie bereits weiter oben unter Punkt 2.2 im Detail dargelegt wurde, sind derartige Windmühlenrotoren oder Gebläsepropeller in keinster Weise mit Drehflügelflugzeug-Rotoren und deren speziellen technischen Problemen, die aufgrund extrem komplizierter Strömungszustände und dynamischer Effekte auftreten, zu vergleichen.

Der Fachmann mag sich zwar durchaus auf dem benachbarten technischen Gebiet, welches der D2 zugrunde liegt, umsehen, jedoch wird er die dort vorgeschlagene Konstruktion nicht in Betracht ziehen, da er weiß, dass für konventionelle Propeller und Windmühlen-Rotoren relevante Konstruktionsmaßgaben sowie dynamische und aerodynamische Parameter nicht für Drehflügelflugzeug-Rotoren gelten auch nicht auf diese übertragbar sind. Hierbei ist insbesondere zu berücksichtigen, dass es Rotoren oder Propellern, wie sie die D2 propagiert, an geeigneten Schlag- und Schwenkgelenken fehlt, so dass sich derartige Rotoren bei einer Anwendung im Drehflügelflugzeugbau umgehend zerstören bzw. das Drehflügelflugzeug infolge dynamischer Unzulänglichkeiten und mangelnder Steuerfähigkeit zum Absturz bringen würden.

Darüber hinaus wurde auch in der D2 nicht die Bedeutung einer integralen und lagerlosen (fliehkraftgesteuerten) Blattwinkelverstelleinrichtung im Hinblick auf verbesserte aerodynamische Eigenschaften, eine niedrige Rotorkopfbauhöhe, ein geringes Rotorgewicht sowie eine möglichst einfache und effektive Blattwinkelverstellung erkannt. Insbesondere schweigt sich die D2 darüber aus, wie bei einem Drehflügelflugzeug-Rotor eine fliehkraftgesteuerte lagerlose Blattwinkelverstelleinrichtung bei gleichzeitiger Realisierung einer bestimmten Schwenksteifigkeit des Rotors realisiert werden könnte. Dies verwundet nicht, da bei der D2 ja weder Schwenk- noch Schlagbewegungen auftreten. Die D2 hat hierzu folglich auch keine Anregung geben können.

Somit steht fest, dass die erfindungsgemäße Lösung in Anbetracht der D2 keineswegs naheliegend war.

- 3.5. Der in der D3 offenbarte Drehflügelflugzeug-Rotor, der mit dem der D1 vergleichbar ist, propagiert eine Blattwinkelverstellung, welche zwangsläufig Lager sowie einen komplexen Verstellmechanismus und eine entsprechende Kinematik benötigt. Hierbei wird eine radiale Verschiebe-Bewegung des Rotorblattes 1 auf der Welle 2 in eine Verdrehung des Blattes um die Welle 2 umgesetzt. Die Blattwinkelverstellung kann auch nicht fliehkraftgesteuert erfolgen, sondern muss zwangsläufig in Verbindung mit einer aerodynamischen Auftriebskraft am Rotorblatt realisiert werden, welche die *Rückstellung* des Rotorblattes ermöglicht. Wird also auf einen dieser Effekte (fliehkraftbedingtes Schwenken bzw. aerodynamisch bedingtes Zurückschwenken des Blattes) verzichtet, so kann das in der D3 offenbarte Konzept nicht mehr funktionieren.

Auch in der D3 wurde folglich die besondere Bedeutung einer integralen und lagerlosen (fliehkraftgesteuerten) Blattwinkelverstellung im Hinblick auf verbesserte aerodynamische Eigenschaften, eine niedrige Rotorkopfbauhöhe, ein geringes Rotorgewicht sowie eine möglichst einfache und effektive Blattwinkelverstellung nicht erkannt. Gerade die integrale, lagerlose Bauweise ermöglicht jedoch erst eine verbesserte aerodynamische Güte, eine niedrigere Rotorkopfhöhe, eine Reduzierung des Rotorgewichtes und eine besonders einfache und effektive Verstellung des Rotorblattwinkels ohne eine Vielzahl von aufwändigen und gewichtintensiven Bauteilen. Zudem ist bei einer integralen, lagerlosen Blattwinkelherstellung eine Rückstellung des Rotorblattes durch aerodynamische Kräfte nicht erforderlich, da bei der integralen lagerlosen Bauweise, welche in der Praxis durch geeignete Faserverbundstrukturen verwirklicht wird, die Rückstellung bei einer Reduzierung der Fliehkkräfte durch die inhärenten, biegungsbedingten Federungseigenschaften des betreffenden Rotorblattanschlusses selbst erfolgen kann. Hierbei übernimmt der Rotorblattanschluss mit seiner integralen, lagerlosen, fliehkraftgesteuerten Blattwinkelverstellereinrichtung also eine vorteilhafte Vielfachfunktion. Überdies ist mit der Ausgestaltungsform der D3 kein Einfluss auf eine bestimmte Schwenksteifigkeit des Rotors bzw. des Rotorblattanschlusses zu nehmen, da bei konventionellen gelenkigen Rotoren, zu denen auch der Rotor der D3 gehört, hierfür aufwendige Zusatzkomponenten in Form von speziellen Schwenkdämpfern oder dergleichen erforderlich sind.

Die D3 hat die erfindungsgemäße Lösung ergo nicht nahe legen können.

- 3.6. Die D4 offenbart eine primär auf den Blattspitzenbereich eines Rotorblattes konzentrierte Blattspitzenwinkel-Verstellung, welche nicht fliehkraftgesteuert ist, sondern eine zyklisch bedingte Biegung des Rotorblattes in Rotorblatt-Schwenkrichtung für die Verstellung ausnutzt. Diese Blattspitzenwinkel-Verstellung dient auch nicht der Schubveränderung oder einer Anpassung des Blattwinkels an bestimmte Rotordrehzahlen (aus denen wiederum bestimmte Fliehkkräfte resultieren), sondern ausschließlich der Vermeidung aeroelastischer Instabilitäten und der Erzielung inhärente Dämpfungseigenschaften des Rotors sowie der Vermeidung von Kopplungen zwischen Rotorschwingungen und strukturbedingten Resonanzeffekten zwischen Rotor und Zelle des Drehflügelflugzeugs, wie deutlich aus der D4, z.B. Spalte 1, Zeile 23 – 51 hervorgeht.

Die D4 ist folglich auf ein grundsätzlich anderes technisches Problem ausgerichtet und bietet hierzu auch grundlegend andere Ansätze als die vorliegende Erfindung. Die D4 hat die erfindungsgemäße Lösung folglich nicht nahe liegend können.

- 3.7 Aus den vorangegangenen Darlegungen ist ersichtlich, dass die D1 bis D4 jeweils erheblich von der erfindungsgemäßen Lösung abweichen und dem Durchschnittsfachmann keine Hinweise oder Anregungen geben, die es ihm gestattet hätten, in naheliegender Weise zu der erfindungsgemäße Lösung zu gelangen. Folglich kann auch eine Zusammenschau oder Kombination der D1 bis D4 nicht in naheliegender Weise zu der erfindungsgemäßen Lösung führen. Der Durchschnittsfachmann hätte vielmehr die aus der D1 bis D4 bekannten Einzelkonzepte verwerfen, einzelne Merkmale selektieren, modifizieren, ergänzen und in einer Vielzahl einzelner, aufeinanderfolgender Schritte mosaikartig zu einer Einheit zusammen fügen müssen, um letztendlich zu der erfindungsgemäßen Lösung zu gelangen. Hierzu hatte der Fachmann aus den o.g. Gründen jedoch keine Veranlassung. Vielmehr hätte hier ersichtlich damit rechnen müssen, dass sich bei einer Abkehr von dem jeweiligen in der D1 – D4 genannten Konzept eine Verschlechterung des zu erzielenden Ergebnisses hätte einstellen müssen. Er wäre folglich nicht in dieser Weise vorgegangen.

- 3.8. Die erfinderische Tätigkeit ist damit eindeutig zu belahren.

#### 4. Anpassung der Beschreibung / Würdigung des Standes der Technik

Da eine Änderung der Beschreibung in dem derzeitigen Verfahrensstadum nicht möglich ist, darf die Anpassung der Beschreibung an den geänderten Anspruchssatz sowie die Würdigung der D1 bis D4 bis zum internationalen vorläufigen Prüfungsverfahren zurückgestellt werden.

1 / 4

Fig. 1

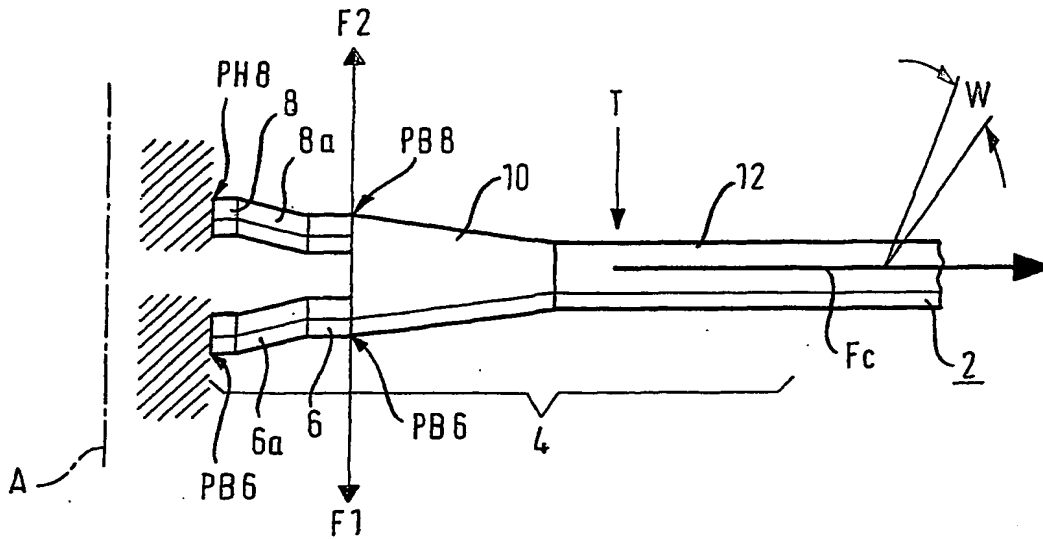
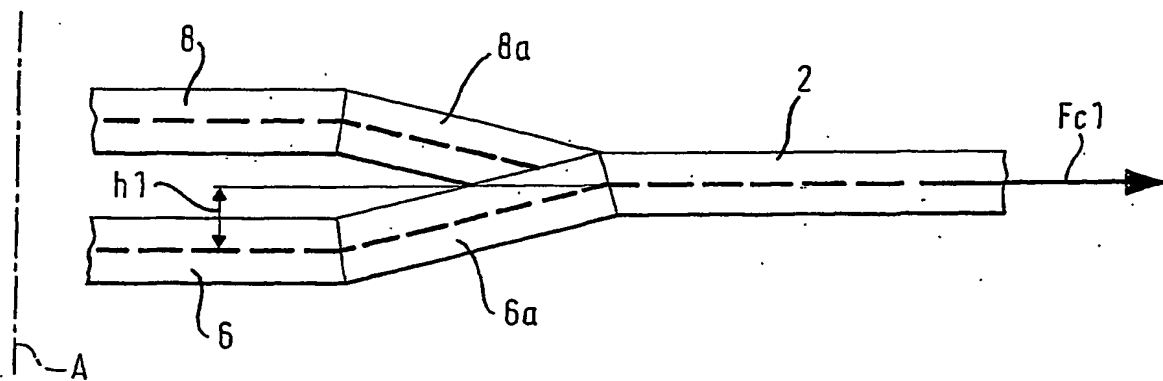


Fig. 2



— — — — — Verlauf des Flächenschwerpunktes  
bzw. der neutralen Faser

Fig. 3

$$F_c = 0$$

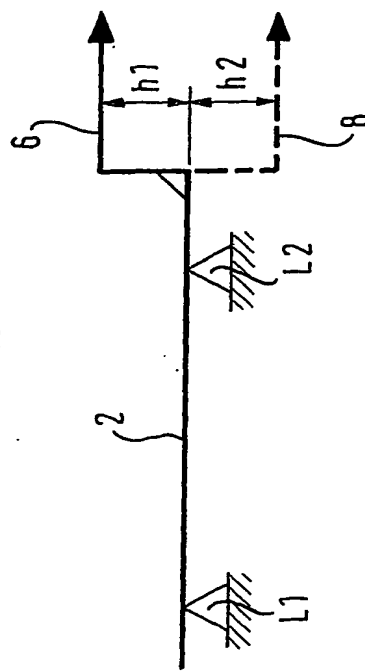
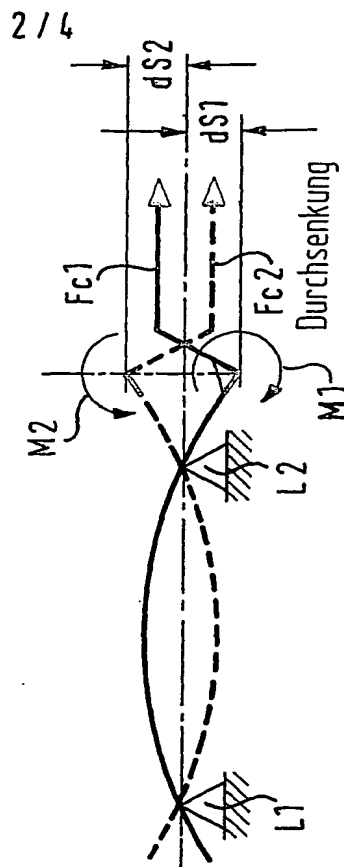


Fig. 4

$$F_c \gg 0$$



3/4

Fig. 5

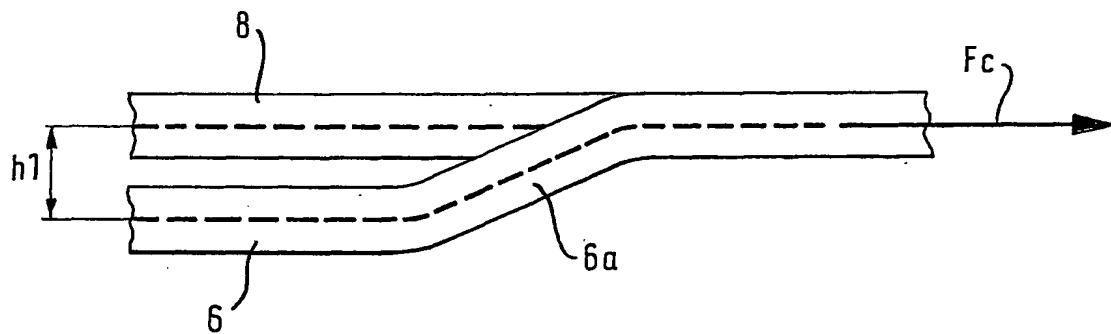
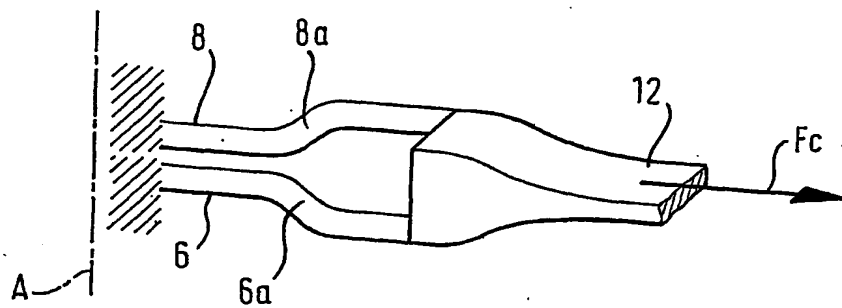
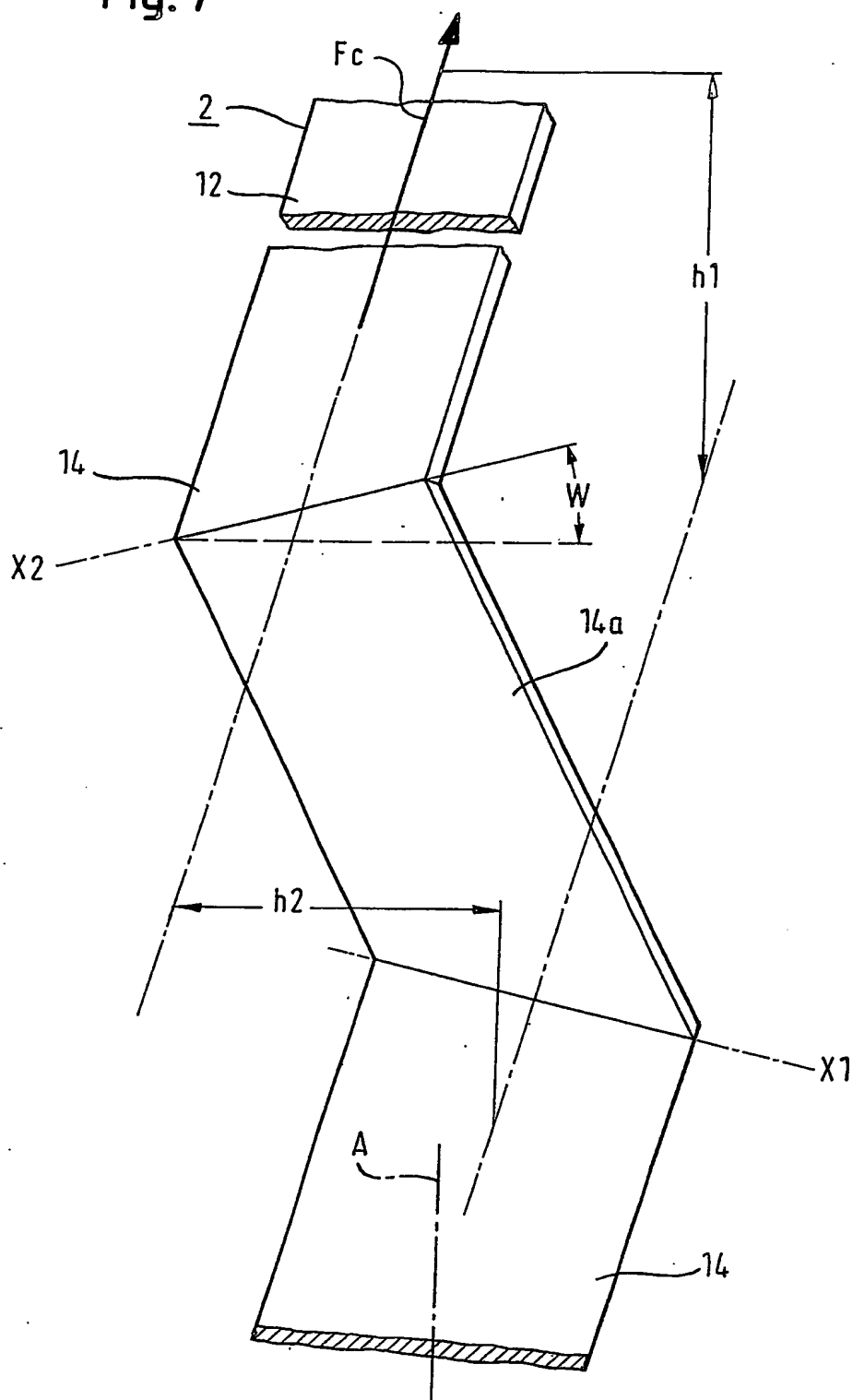


Fig. 6



4 / 4

Fig. 7



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/003642

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 B64C27/33 B64C27/48 B64C27/54		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 B64C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2 757 745 A (FRANS VERHAGE GERARD ET AL) 7 August 1956 (1956-08-07) column 4, line 66 - column 6, line 69 column 8, line 53 - column 10, line 40 figures 1-4,3b,4a	1-11, 13-18
X	US 4 678 923 A (TREPANIER FERNAND) 7 July 1987 (1987-07-07) abstract figures 1,2,4-7 column 2, line 60 - column 3, line 62	1-9, 14-18
X	US 2 684 721 A (DAVID LLOYD PATRICK) 27 July 1954 (1954-07-27) the whole document	14
A	US 3 999 886 A (ORMISTON ROBERT A ET AL) 28 December 1976 (1976-12-28) abstract	1,9,10, 13,14
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>*E* earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>*L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>*G* document member of the same patent family</p> </div> </div>		
Date of the actual completion of the international search  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">8 July 2004</div>		Date of mailing of the international search report  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">15/07/2004</div>
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  <div style="text-align: center; font-weight: bold;">Calvo de No, R</div>



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/003642

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2757745	A	07-08-1956	NONE	
US 4678923	A	07-07-1987	NONE	
US 2684721	A	27-07-1954	NONE	
US 3999886	A	28-12-1976	NONE	

# INTERNATIONAL RESEARCH REPORT

Internationales Abzeichen

PCT/EP2004/003642

<b>A. KLASSTIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 7 B64C27/33 B64C27/48 B64C27/54		
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RESEARCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 B64C		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2 757 745 A (FRANS VERHAGE GERARD ET AL) 7. August 1956 (1956-08-07) Spalte 4, Zeile 66 - Spalte 6, Zeile 69 Spalte 8, Zeile 53 - Spalte 10, Zeile 40 Abbildungen 1-4, 3b, 4a	1-11, 13-18
X	US 4 678 923 A (TREPANIER FERNAND) 7. Juli 1987 (1987-07-07) Zusammenfassung Abbildungen 1, 2, 4-7 Spalte 2, Zeile 60 - Spalte 3, Zeile 62	1-9, 14-18
X	US 2 684 721 A (DAVID LLOYD PATRICK) 27. Juli 1954 (1954-07-27) das ganze Dokument	14
A	US 3 999 886 A (ORMISTON ROBERT A ET AL) 28. Dezember 1976 (1976-12-28) Zusammenfassung	1, 9, 10, 13, 14
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung: die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche 8. Juli 2004		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts 15/07/2004
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Beauftragter Calvo de No, R

**INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/003642

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2757745	A	07-08-1956	KEINE
US 4678923	A	07-07-1987	KEINE
US 2684721	A	27-07-1954	KEINE
US 3999886	A	28-12-1976	KEINE